

PARTICULES CHARGÉES DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE UNIFORME : EXERCICES

1. Déviation par un champ magnétique.

1.1. Des électrons de masse m et de charge q sont émis sans vitesse initiale par la cathode C.

Donner la nature du mouvement des électrons entre la cathode et l'anode.

Calculer leur vitesse en O_1 .

Données : $d = 10 \text{ cm}$; $E = 5,0 \times 10^4 \text{ V.m}^{-1}$

1.2. Arrivés en O_1 , les électrons sont soumis sur une distance l (domaine II) à un champ magnétique uniforme \vec{B} de direction perpendiculaire au plan de la figure.

Préciser le sens de \vec{B} ; établir l'expression du rayon de la trajectoire dans cet espace et calculer sa valeur.

Données : $B = 2,0 \text{ mT}$.

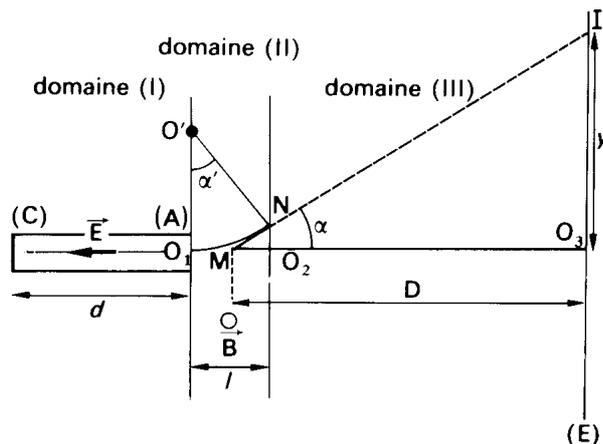
1.3. Donner la nature de la trajectoire des électrons dans le domaine III.

Exprimer la déviation magnétique y en fonction de m , e , B , l , v_0 et d .

On supposera que M se trouve au milieu du domaine II et que l'angle α est faible.

Calculer y .

Données : $D = 40 \text{ cm}$; $l = 1,0 \text{ cm}$.



2. Spectrographe de masse.

Le schéma représente un spectrographe de masse, vu du dessus.

Des ions de masse m et de charge $q < 0$ sont produits dans une chambre d'ionisation I puis accélérés par une différence de potentiel U_0 dans une chambre d'accélération.

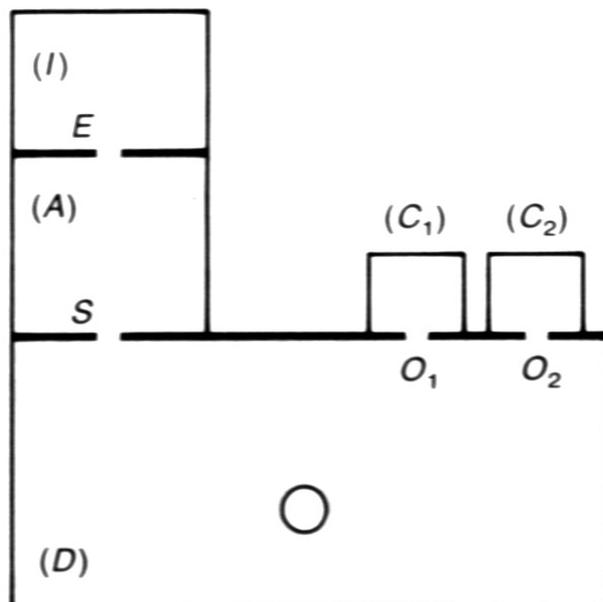
Donner l'expression de la vitesse des électrons en S.

A leur sortie en S, les ions pénètrent dans une région où règne un champ magnétique uniforme vertical.

Préciser le sens de ce champ pour que les ions puissent atteindre la région O_1O_2 .

Montrer que le mouvement des ions est uniforme.

Établir l'expression du rayon de la trajectoire.



Le jet d'ions sortant de la chambre d'ionisation est un mélange d'ions $^{79}\text{Br}^-$ et d'ions $^{81}\text{Br}^-$ de masse $m_1 = 1,3104 \times 10^{-25} \text{ kg}$ et $m_2 = 1,3436 \times 10^{-25} \text{ kg}$.

Calculer la distance séparant les deux collecteurs en précisant lequel reçoit les ions de masse m_1 .

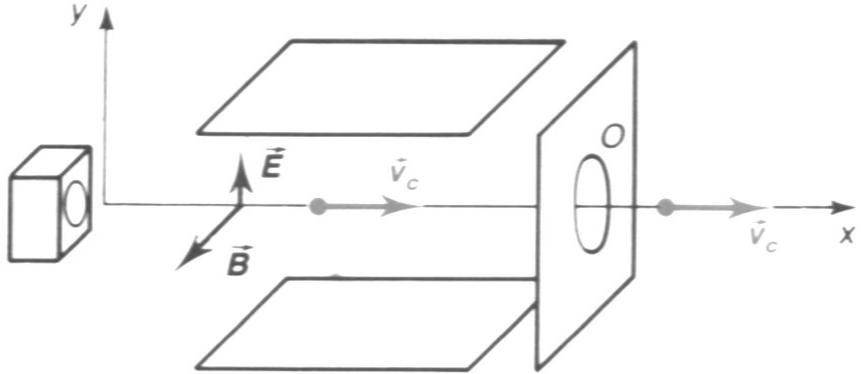
Données : $U_0 = 4,00 \text{ kV}$; $B = 0,100 \text{ T}$.

3. Filtre de vitesse.

Pour obtenir un faisceau homocinétique à l'entrée d'un spectromètre de masse, on place avant la chambre de déviation un dispositif schématisé par la figure ci-dessous.

Les particules chargées, de vitesse \vec{v} dirigée selon l'axe xx' sont soumises simultanément au champ électrique \vec{E} créé par les plaques et à un champ magnétique orthogonal à \vec{E} .

On observe que certaines particules ne sont pas déviées ; montrer que leur vitesse vaut $v_0 = E / B$.



Expliquer comment sont déviées les particules de vitesses supérieures à v_0 et celles de vitesses inférieures à v_0 .

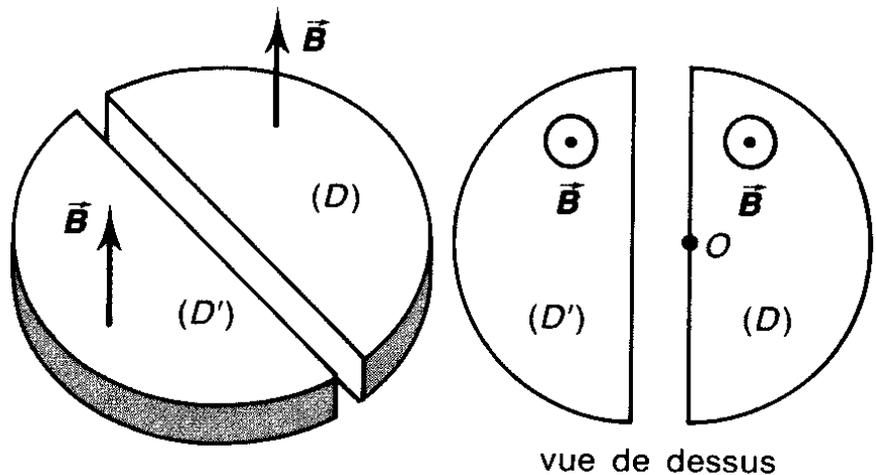
Calculer v_0 pour $B = 0,10 \text{ T}$, $d = 0,50 \text{ cm}$, $U = 5,0 \text{ kV}$.

4. Cyclotron.

Un cyclotron est constitué par deux boîtes demi-cylindriques D et D' à l'intérieur desquelles règne un champ magnétique \vec{B} .

Dans l'espace régnant entre ces deux boîtes (on les appelle "dees" à cause de leur forme), on établit une tension alternative U .

Des ions positifs sont injectés en O avec une vitesse négligeable.



Exprimer et calculer l'énergie cinétique des ions à leur première arrivée en D' .

Les ions pénètrent dans D' ; donner la nature de leur mouvement ultérieur ; exprimer leur vitesse v_1 dans D' ainsi que le rayon R_1 de leur trajectoire en fonction de B , q , U et m ; calculer R_1 et v_1 .

Les ions ressortent de D' et sont accélérés à nouveau par la tension U (qui a changé de signe). Établir l'expression de leur énergie cinétique et de leur vitesse à l'entrée en D ; exprimer leur vitesse v_2 dans D ainsi que le rayon R_2 de leur trajectoire en fonction de B , q , U et m ; calculer R_2 et v_2 .

Généraliser : donner l'expression du rayon R_n de la trajectoire après le $n^{\text{ème}}$ passage entre D et D' en fonction de R_1 (puis de B , q , U et m) et du nombre n .

Calculer la durée d'un demi tour ; en déduire la fréquence de la tension alternative U

Le rayon du cyclotron vaut $R_s = 49,5 \text{ cm}$; calculer le nombre total de tours décrits par les ions et leur énergie à la sortie du cyclotron.

Données : $q = 2 e$; $m = 6,64 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $U = 100 \text{ kV}$; $B = 1,0 \text{ T}$